

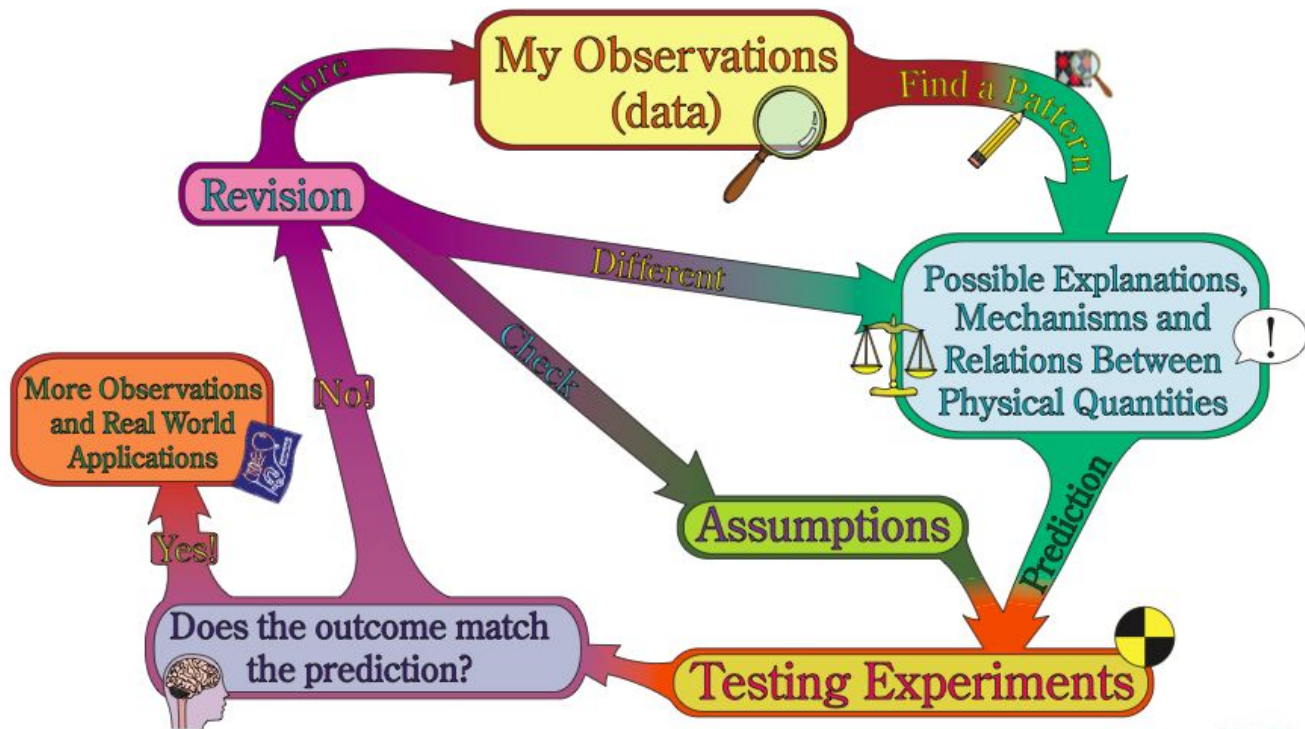
**Physics Education
Laboratory
Lecture 10**
Investigative Science
Learning Environment

Francesco Longo - 08/11/23



Investigative Science Learning Cycle!

Etkina and Van Heuvelen (2001; 2007)



Lesson 1: Particles of Matter

1.1 Observe and Explain

Dip a piece of paper in rubbing alcohol (or rub the paper with alcohol) and place it on a table.

- Observe what happens and describe it in your own words.
- What do you need to **assume** about the makeup of alcohol to explain the *gradual* disappearance of alcohol from the paper?

1.2 Hypothesize

Think of possible **explanations** for the alcohol's *disappearance*. Suggest at least three different mechanisms. Fill in the table that follows.

Here's An Idea!

Coming up with explanations for this can be difficult but don't be afraid to use your imagination. There are no wrong ideas, only testable or non-testable ones!

For Example: The alcohol is still there but we just can't see it (Testable Idea)

Leprechauns came by, collected the alcohol, and left (Non-Testable Idea)

1.3 Test Your Idea

- Think of an experiment you can perform to rule out each explanation.
- Write a **prediction** for each testing experiment based on the corresponding explanation.
- Perform the experiments. Some possible testing experiments can be found at: <http://paer.rutgers.edu/pt3/experimentindex.php?topicid=7&cycleid=13>

1.4 Explain

Based on the outcomes of the testing experiments what judgment can you make about each explanation? Revise your hypothesis for the disappearance of the alcohol.

1.5 Test Your Idea

You and your lab partners have a glass of pure alcohol, a container with colored alcohol, and a dropper. One of your lab partners says,

"I think that the alcohol is made up of little tiny parts that are constantly in motion."

Your other partner disagrees. She says,

"No, I agree that the alcohol is made up of little tiny parts but they are definitely not moving!"

- Based on your experience from the previous activities, which explanation do you agree with? Why?
- How can you use the materials listed above to test these ideas?
- Write your prediction for each of your partners' mechanisms.
- Perform the experiments and record the outcomes.
- What judgment can you make about each explanation?

Did You Know?

Scientists call these little parts that make up objects **particles**. Although we cannot see the particles, we can discuss their properties. Understanding their properties will help us better understand the nature of the object as a whole.

Homework

1.6 Represent and Reason

- Create a picture that represents what the particles are doing in the alcohol experiment.
- How do you think solids, liquids, and gases look at a particle level?

Formative assessment

Formative assessment refers to tools that identify misconceptions, struggles, and learning gaps along the way and assess how to close those gaps. It includes effective tools for helping to shape learning, and can even bolster students' abilities to take ownership of their learning when they understand that the goal is to improve learning, not apply final marks... formative assessment occurs throughout a class or course, and seeks to improve student achievement of learning objectives through approaches that can support specific student needs (Trumbull and Lash, 2013)

Summative assessment

Summative assessments evaluate student learning, knowledge, proficiency, or success at the conclusion of an instructional period, like a unit, course, or program. Summative assessments are almost always formally graded and often heavily weighted (though they do not need to be). Summative assessment can be used to great effect in conjunction and alignment with formative assessment, and instructors can consider a variety of ways to combine these approaches.

Examples of Formative and Summative Assessments

Formative	Summative
In-class discussions	Instructor-created exams
Clicker questions	Standardized tests
Low-stakes group work	Final projects
Weekly quizzes	Final essays
1-minute reflection writing assignments	Final presentations
Homework assignments	Final reports
Surveys	Final Grades

Rubrics for assessment - example from ISLE approach (Etkina, 2006)

An assessment rubric is one of the ways to help students see the learning and performance goals, self-assess their work, and modify it to achieve the goals three guiding principles as defined by Sadler:

- 1) Where are you trying to go? (Identify and communicate the learning and performance goals.)
- 2) Where are you now? (Assess, or help the student to self-assess, current levels of understanding.)
- 3) How can you get there? (Help the student with strategies and skills to reach the goal.)

The rubrics contain descriptions of different levels of performance, including the target level. A student or a group of students can use the rubric to help self-assess her or their own work. An instructor can use the rubric to evaluate students' responses and to provide feedback.

- ❖ Ability to represent information in multiple ways
- ❖ Ability to design and conduct an observational experiment
- ❖ Ability to design & conduct an experiment to test an idea/hypothesis/explanation or mathematical relation
- ❖ Ability to design & conduct an application experiment
- ❖ Ability to communicate scientific ideas
- ❖ Ability to collect and analyze experimental data
- ❖ Ability to evaluate models, equations, solutions, and claims

Problems in the ISLE approach

Gli esercizi

le capacità da sviluppare (*scientific abilities*)

Rappresentazione multipla

Lo studente sa estrarre informazioni da una rappresentazione, tradurre dati tra rappresentazioni diverse, costruire rappresentazioni.

Escogitare e testare un'ipotesi

Lo studente è capace di fare predizioni basate su un'ipotesi; identificare le assunzioni che sono state fatte e determinare in che modo esse modificano le previsioni; valutare la veridicità di un'ipotesi basandosi su dati.

Tenere conto di dati anomali

Lo studente è capace di adattare le ipotesi fatte per conciliarle con i dati sperimentali.

Comunicare

Lo studente sa descrivere i dettagli di un esperimento in maniera completa e precisa.

Problems in the ISLE approach

Gli esercizi le capacità da sviluppare

Inventare un esperimento

Lo studente, dopo aver identificato il fenomeno o la relazione da investigare, è capace di inventare e descrivere un esperimento efficiente che verifichi le ipotesi e le previsioni fatte. Sa inoltre come interpretare i risultati dell'esperimento ed è capace di proporre miglioramenti all'apparato sperimentale nel caso ottenga dati anomali.

Segnare, rappresentare e analizzare dati

Lo studente sa identificare le sorgenti d'errore, di incertezza sperimentale e come minimizzarle. È inoltre capace di rappresentare i dati in maniera efficiente e analizzarli.

Valutare predizioni e risultati sperimentali, ipotesi teoriche, soluzioni di problemi e modelli

Lo studente sa provare l'autoconsistenza di un'equazione, riconosce le assunzioni che stanno alla base del modello utilizzato e sa dire quanto esse limitino la generalità del modello.

Problems in the ISLE approach

Gli esercizi le tipologie

Lavoro di classificazione (<i>ranking tasks</i>)	Gli studenti devono mettere in ordine (crescente o decrescente) i valori di una stessa quantità fisica in situazioni diverse.
Scegli una risposta e la sua spiegazione (<i>choose answer and explanation</i>)	Gli studenti devono scegliere la risposta corretta e accoppiarla alla rispettiva spiegazione (con relazione di causa-effetto o meccanicistica).
Scegli un metodo di misura (<i>choose measuring procedure</i>)	Gli studenti devono scegliere (o proporre) la corretta (o migliore) procedura sperimentale per misurare/determinare una grandezza.

Problems in the ISLE approach

Gli esercizi le tipologie

Valuta (<i>evaluate</i>)	Gli studenti devono valutare in maniera critica il ragionamento fatto da terzi o verificare la correttezza di una soluzione proposta per un certo problema.
Giudica (<i>make judgment based on data</i>)	Gli studenti devono giudicare una o più ipotesi basandosi su dati o altri risultati forniti nel problema, a volte tenendo conto delle incertezze statistiche e/o sperimentali.
Linearizzazione (<i>linearization</i>)	Come prima cosa gli studenti devono scrivere l'equazione che descrive la situazione in esame, devono poi sistamarla per ottenere una relazione lineare; infine disegnare il grafico e determinare la grandezza non nota.

Problems in the ISLE approach

Gli esercizi le tipologie

Scegli e descrivi <i>(multiple possibility and tell all)</i>	Gli studenti devono elencare più grandezze possibile basandosi sui dati di un problema oppure descrivere il numero maggiore possibile di caratteristiche del sistema in esame. Viene poi richiesto di determinare il valore di alcune delle grandezze elencate sopra.
Jeopardy	Gli studenti devono convertire la rappresentazione di un problema nel testo del problema stesso.

Problems in the ISLE approach

Gli esercizi le tipologie

<p>Inventa un esperimento o poni un problema <i>(design an experiment or pose a problem)</i></p>	<p>Gli studenti devono programmare un esperimento, una procedura sperimentale o un macchinario che permetta loro di misurare/determinare alcune grandezze fisiche. Spesso viene richiesto anche che l'esperimento in questione usi una particolare legge/principio fisica.</p>
<p>Problema basato su dati reali <i>(problem based on real data)</i></p>	<p>Gli studenti devono risolvere problemi basati su dati reali, ottenuti in situazioni reali, spesso usando strumentazione semplice o a loro disposizione. Devono quindi occuparsi di incertezze statistiche e dati anomali e descrivere le assunzioni e il modello scelto.</p>

Problems in the ISLE approach

1 - Ranking

- ♣ Domanda di riorganizzare in ordine crescente o decrescente i valori di una determinata quantità fisica. Può essere modificato chiedendo di stimare i singoli valori (almeno entro dei «range»), così da incentivare un pensiero critico nei confronti della realtà
- ♣ Approfondisce e rinforza la conoscenza delle unità di misura e promuove un approccio dimensionale nei confronti dei numeri
- ♣ Dà la possibilità ai ragazzi di sentirsi soddisfatti, perché in grado di arrivare ad una soluzione senza bloccarsi sulle tecniche risolutive, ma basandosi principalmente sulla loro esperienza e sulle loro riflessioni

Problems in the ISLE approach

2 - Choose and explain

- ♣ Propone diverse possibili risposte ad una o più domande per le quali bisogna anche individuare la spiegazione più opportuna (come risposta aperta, o scegliendo tra alcune opzioni), che può riguardare la natura causale del fenomeno, oppure implicare alcune osservazioni specifiche, che sottolineano le caratteristiche fisiche delle quantità trattate (ad esempio, si può ragionare sulla natura vettoriale o scalare di alcune grandezze).
- ♣ Incoraggia a riflettere sul «perché» della conoscenza e a sostenere dei pensieri in modo argomentativo e scientifico, potenziando le abilità comunicative
- ♣ Spesso, sia nel testo che nella risoluzione, si fa uso della rappresentazione multipla, per interconnettere le capacità di comprensione testuale e verbale con quelle esplicative.

Parole chiave: scegli, determina, spiega, argomenta

Problems in the ISLE approach

3 - Choose measuring procedure

- ♣ Richiede di suggerire e spiegare quale procedimento di misura si può applicare per determinare una o più quantità fisiche, a partire da una situazione reale e non chiaramente riconducibile alle formule della teoria
- ♣ Approfondisce la correlazione tra le formule teoriche ed i fenomeni che esse rappresentano, partendo da questi ultimi. La risposta può essere scritta per intero, oppure selezionata tra diverse opzioni preparate dal docente
- ♣ Sviluppa una «forma mentis» da Fisico che cerca delle spiegazioni per mezzo di esperimenti scientifici

Parole chiave: *proponi, progetta, descrivi, suggerisci, scegli*

Problems in the ISLE approach

4 - Evaluate

- ♣ Chiede di valutare e commentare il ragionamento di uno o più interlocutori immaginari, esprimendosi a favore o contro la loro ipotesi e argomentando le motivazioni
- ♣ Esorta a distinguere le idee produttive da quelle che invece non conducono ad una comprensione più approfondita, o ad una soluzione adeguata
- ♣ Rafforza le abilità argomentative e di pensiero critico, oltre a quelle espositive; è caldeggiato l'uso della rappresentazione multipla, al fine di ampliare il ventaglio di strumenti a disposizione degli studenti per avvalorare le loro tesi.

Parole chiave: *valuta, commenta, esprimi, argomenta, avvalora, discuti, confronta*

Problems in the ISLE approach

5 - Make judgement

- ♣ Presenta una o più ipotesi che si basano su tabelle di dati o grafici e richiede di esprimere un parere e di argomentarlo, soprattutto osservando e analizzando i dati. A differenza della tipologia *Evaluate*, questa è caratterizzata da una maggiore quantificazione
- ♣ Permette di capire che una tesi scientifica è più attendibile se supportata da risultati sperimentali. Anche in questo caso, l'attenzione è rivolta all'esposizione verbale, solitamente domandando un'argomentazione aperta
- ♣ A volte, i dati inclusi nell'esercizio possono contenere gli errori con cui sono stati raccolti e quindi ci può essere una richiesta aggiuntiva di considerare le incertezze con le quali si conoscono i valori

Parole chiave: decidi, rifiuta, giustifica, esprimi, valuta, argomenta, avvalora, analizza

Problems in the ISLE approach

6 - Linearization

- ♣ Sollecita a descrivere inizialmente la situazione illustrata nell'esercizio per mezzo della formula o legge più adatta. In seguito, domanda di rielaborare l'equazione per ricavare una funzione lineare, che può facilmente essere rappresentata in uno o più grafici
- ♣ Dopo aver disegnato il grafico, si usa la retta di «fit» per estrapolare alcune informazioni incognite richieste dal problema. Le grandezze da determinare possono essere sia quelle dipendenti che quelle indipendenti della relazione lineare
- ♣ Evidenzia il legame tra la rappresentazione con grafici, l'algebra delle formule e le quantità fisiche, riconoscendo dei «pattern» di linearità in situazioni che non sono quelle classiche
- ♣ Si può rivelare molto soddisfacente, dal momento che si tratta di una specie di gioco «puzzle-style» nel quale è possibile verificare, tramite il grafico (o la formula), di aver trovato il risultato corretto.

Problems in the ISLE approach

7 – Multiple possibility

- ♣ Esorta ad elencare il maggior numero possibile di quantità che si possono ricavare a partire da alcuni dati, oppure a dire tutto quello che si sa riguardo ad un argomento, o alle proprietà di una grandezza fisica o di un fenomeno
- ♣ Solitamente, nel testo del problema, si indica un numero minimo di risposte che bisogna fornire e se si supera tale valore il punteggio aumenta: i discenti si sentono capaci e appagati
- ♣ È fortemente consigliata, specialmente «in itinere», affinché i ragazzi ricevano parecchi «feedback» positivi in fase di apprendimento e siano stimolati a proseguire lo studio, sentendosi in grado di comprendere i nuovi argomenti

Parole chiave: elenca, di' tutto quello che sai, deduci, esprimi, spiega, aggiungi

Problems in the ISLE approach

8 - Jeopardy

- ♣ Sorprende, nella maggior parte dei casi, siccome invita a procedere nella direzione contraria a quella comunemente presentata dagli esercizi: invece di descrivere verbalmente una situazione e richiedere di ottenere qualche risultato relativo ad essa, per mezzo di una formula, domanda di partire da una relazione numerica, da un grafico, da un diagramma del moto o delle forze, da istogrammi di energia o disegni e inventare un testo che possa essere rappresentato da essi
- ♣ Viene data grande libertà in questo genere di esercizi, facendo in modo che gli studenti non percepiscano un'imposizione rigida da parte del problema (e quindi dell'insegnante)
- ♣ Approfondisce il significato fisico delle leggi matematiche e delle raffigurazioni astratte, evidenziando il substrato legato alla realtà. Si può inoltre migliorare la comprensione delle unità di misura e il loro valore

Problems in the ISLE approach

9 – Design an experiment

- ♣ Invita a progettare un esperimento, quindi a proporre un procedimento di misura, stabilendo quali strumenti adoperare, come predisporre l'intero «setup» e come determinare una o più grandezze fisiche richieste dal testo del problema. A volte, può essere che il docente, già nell'esercizio, consigli alcuni strumenti di misura da includere nell'esperimento. Si può anche suggerire la legge o la formula (o più di una) che sarebbe opportuno usare per ricavare il risultato finale
- ♣ L'aiuto che un insegnante può fornire è inversamente proporzionale al grado di familiarità che gli studenti hanno nei confronti dell'approccio ISLE
- ♣ Quando gli alunni prendono dimestichezza con questo genere di esercizi, si può chiedere loro di includere nella progettazione alcune considerazioni concernenti la trattazione degli errori

Parole chiave: progetta, inventa, scopri, includi, specifica, individua, proponi, considera

Problems in the ISLE approach

10 – Problem based on real data

- ♣ Richiede di risolvere problemi basati su dati reali (oltre che realistici) e ottenuti in situazioni di vita quotidiana. A differenza di altre tipologie, in questo caso gli errori e le incertezze con cui vengono presentati i dati svolgono un ruolo fondamentale e vanno trattati dagli alunni, al fine di valutare la precisione con la quale conoscono il risultato finale
- ♣ È caldeggiato l'uso della rappresentazione multipla, in modo da evidenziarne la validità in un contesto piuttosto vicino alla percezione e all'esperienza dei ragazzi
- ♣ Acuisce la visione della realtà come soggetta ad errori, maturando l'abilità di interconnettere Matematica e Fisica, per comprendere più a fondo i fenomeni naturali in esame